

DERWENT-ACC-NO: 1998-548723

DERWENT-WEEK: 199848

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Gallium nitride group compound semiconductor
light emitting element e.g. blue semiconductor laser - has
circuit AlGaIn auxiliary opening area formed on laminated
board and provided with cut in opening direction, which
allows passage of light and current

PATENT-ASSIGNEE: TOSHIBA KK[TOKE]

PRIORITY-DATA: 1997JP-0037908 (February 21, 1997)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES
MAIN-IPC			
JP 10242570 A	September 11, 1998	N/A	007
H01S 003/18			

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		
JP 10242570A	N/A	1997JP-0037908
February 21, 1997		

INT-CL (IPC): H01L033/00, H01S003/18

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 10242570A

BASIC-ABSTRACT:

The element has a semiconductor laminated circuit board which is laminated with a GaN compound (102), formed on a sapphire substrate (101). An AlGaIn auxiliary opening area (120) is formed on the laminated circuit board, by selective etching of the board for lateral electrode formation.

The auxiliary area is provided with a cut in the opening, through which passage of light and current is possible. The auxiliary area is broken along the cut and laminated circuit board is opened to perform element isolation.

ADVANTAGE - Performs favourable element isolation.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/5

TITLE-TERMS: GALLIUM NITRIDE GROUP COMPOUND
SEMICONDUCTOR LIGHT EMIT ELEMENT
BLUE SEMICONDUCTOR LASER AUXILIARY OPEN AREA
FORMING LAMINATE
CIRCUIT BOARD CUT OPEN DIRECTION ALLOW
PASSAGE LIGHT CURRENT

DERWENT-CLASS: L03 U12 V08

CPI-CODES: L04-A02D; L04-E03B;

EPI-CODES: U12-A01A1A; U12-A01B1A; U12-A01B1B; V08-A01A;
V08-A04A;

SECONDARY-ACC-NO:

CPI Secondary Accession Numbers: C1998-164404

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1998-427951

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-242570

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月11日

(51) Int.Cl.*

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

C

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-37908

(22) 出願日 平成9年(1997) 2月21日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 山本 雅裕

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝研究開発センター内

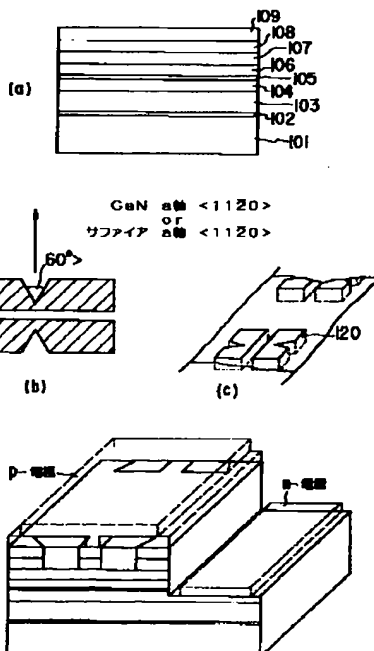
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

(54) 【発明の名称】 化合物半導体発光素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 サファイアを下地基板として用いたGa N系化合物半導体レーザを劈開によって制御性良く素子分離する。

【解決手段】 Ga N化合物半導体を積層した半導体積層基板を有する化合物半導体レーザの製造方法において、積層基板を形成した後に該基板上に、劈開すべき方向に切れ目を有し光閉じ込め及び電流閉じ込めを主たる機能としないAl Ga N劈開補助領域層120を形成し、次いでn側電極形成のための選択エッチングを行ってp側及びn側の電極を形成し、次いで劈開補助領域層120を切れ目に沿って割ることにより、積層基板を劈開して素子分離を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】窒化物系化合物半導体を積層した半導体積層基板を有する化合物半導体発光素子において、前記積層基板の側部の劈開部分に、光閉じ込め及び電流閉じ込めを主たる機能としないA1を含む劈開補助領域が形成されていることを特徴とする化合物半導体発光素子。

【請求項2】窒化物系化合物半導体を積層した半導体積層基板を有する化合物半導体発光素子の製造方法において、前記積層基板の最上面若しくは内部に、光閉じ込め及び電流閉じ込めを主たる機能としないA1を含む層からなり、劈開すべき方向に切れ目を有する劈開補助領域を形成する工程と、前記劈開補助領域を前記切れ目に沿って割ることにより、前記積層基板を劈開する工程とを含むことを特徴とする化合物半導体発光素子の製造方法。

【請求項3】窒化物系化合物半導体を積層した半導体積層基板を有する化合物半導体発光素子の製造方法において、前記積層基板の最上部に、光閉じ込め及び電流閉じ込めを主たる機能としない $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{N}_p\text{As}_q\text{Pr}$ 層 ($x+y+z=1$, $0<y$, $p+q+r=1$) からなり、劈開すべき方向に切れ目を有する劈開補助領域を形成する工程と、前記劈開補助領域を切れ目に沿って割ることにより、前記積層基板を劈開する工程とを含むことを特徴とする化合物半導体発光素子の製造方法。

【請求項4】窒化物系化合物半導体を積層した半導体積層基板を有する化合物半導体発光素子の製造方法において、前記積層基板の形成の途中で該基板内部に、光閉じ込め及び電流閉じ込めを主たる機能としない $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{N}_p\text{As}_q\text{Pr}$ 層 ($x+y+z=1$, $0<y$, $p+q+r=1$) からなり、劈開すべき方向に切れ目を有する劈開補助領域を形成する工程と、前記積層基板の形成の後に前記劈開補助領域を切れ目に沿って割ることにより、前記積層基板を劈開する工程とを含むことを特徴とする化合物半導体発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体発光素子に係わり、特に劈開手法の改良をはかった窒化物系化合物半導体素子及びその製造方法に関する

【0002】

【従来の技術】近年、短波長の光源として、窒化物を含む化合物半導体発光素子が注目されている。GaNを含む窒化物系化合物は、青色を含む短波長領域での発光が可能であり、短波長発光材料として有望である。

【0003】この種の材料、特にGaNを主たる成分とする化合物半導体層は非常に安定であり、逆にそのため加工しにくい。また、通常この系の化合物半導体は基板

としてサファイアを用いることが多く、例えばGaAs、GaP基板のように劈開等の性質を用いることはできない。このため、チップ化等は非常に困難であり、従来のように劈開を利用していたレーザダイオード等の共振器を作成することは困難である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】このように従来、GaNを含む窒化物系化合物半導体発光素子においては、劈開による素子分離が困難であり、また基板をむりやり割ることによって得られた化合物半導体の端面は反射鏡として十分機能しないという問題があった。

【0005】本発明は、上記事情を考慮して成されたもので、その目的とするところは、劈開による素子分離を制御性良く可能とした窒化物系化合物半導体発光素子及びその製造方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

(構成) 本発明の骨子は、窒化物系化合物半導体素子を構成するための半導体積層基板に素子分離を主目的として、A1を含んだ独自の層構造を導入することにより、劈開による素子分離を可能とすることにある。

【0007】即ち本発明は、窒化物系化合物半導体を積層した半導体積層基板を有する化合物半導体発光素子において、前記積層基板の側部の劈開部分に、光閉じ込め及び電流閉じ込めを主たる機能としないA1を含む劈開補助領域が形成されていることを特徴とする。

【0008】また本発明は、窒化物系化合物半導体を積層した半導体積層基板を有する化合物半導体発光素子の製造方法において、前記積層基板の最上面若しくは内部に、光閉じ込め及び電流閉じ込めを主たる機能としないA1を含む層からなり、劈開すべき方向に切れ目を有する劈開補助領域を形成する工程と、前記劈開補助領域を前記切れ目に沿って割ることにより、前記積層基板を劈開する工程とを含むことを特徴とする。

【0009】ここで、本発明の望ましい実施態様としては次のものがあげられる。

(1) 劈開補助領域を構成するA1を含む層は、 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{N}_p\text{As}_q\text{Pr}$ ($x+y+z=1$, $0<y$, $p+q+r=1$) であること。

(2) 劈開補助領域を構成するA1を含む層は、積層基板の最上部に形成されること。

(3) 劈開補助領域を構成するA1を含む層は、積層基板の形成途中で該基板の内部に形成されること。

(4) 劈開補助領域を構成するA1を含む層は、その層にクラックが入る臨界膜厚の60%から99%の厚さに形成すること。

(5) 劈開補助領域を構成するA1を含む層に、電極側から見て素子分離の境界線に対し幅が変化する部分を設けること。

(6) 積層基板は、サファイア基板上に化合物半導体の積

層構造が形成されたものであること。

(7) 劈開補助領域に形成する切れ目は60度以下であること。

【0010】(作用) 通常、サファイア基板上にエピタキシャル成長させたGa_{0.5}Nは、有機金属気相成長(MOCVD)法での実用的な厚さ領域(例えば、厚く見積もって15ミクロン)ではクラックフリー(クラックが存在しない状態)の状態である。一方、Alを含む層、例えばAlGa_{0.5}Nは、Alの組成が大きくなるに従いクラックフリーで成長できる膜厚が減少する。

【0011】クラックフリーで成長できる膜厚は、成長条件によっても異なることが確認できているが、MOCVD法の実用的な厚さ領域にその臨界膜厚が存在することには変わりはない。そして、この厚さ以上に膜を成長させるとクラックが生じてしまい、膜に裂け目が入る。膜に裂け目が入ると、基板に達するときもあり素子の機能に大きく障害をもたらす。この裂け目は、Al組成が入ることによりGa_{0.5}Nと比較した場合、格子定数等の物理パラメータが大きく異なってくることにより生じると考えられる。

【0012】本発明者らは、Alを含む層に発生する本来望ましくない裂け目を積極的に利用することにより劈開を行うことを考えた。しかし、クラックによる裂け目はその方向が不規則であり、劈開したい方向を選択することはできない。そこで、クラックによる裂け目ではなく、Alを含む層の成膜時に劈開したい方向に沿って意図的に切れ目を設けた。そして、半導体積層構造とAl組成の値及び厚さを最適に制御することにより、半導体積層構造を狙った方向に劈開することができるのを見出した。

【0013】ここで、半導体積層基板に導入する劈開のためのAlを含む層、即ち劈開補助領域は、光閉じ込め及び電流閉じ込めを主たる機能としない非クラッド機能の層であり、積層基板の最上部に形成しても、内部に形成しても、同様の劈開効果が得られた。劈開補助領域の膜厚は積層基板にクラックが入る臨界膜厚以内である必要があるが、あまり薄いと前述した劈開効果が得られない。本発明者らの実験によれば、劈開補助領域の膜厚を臨界膜厚の60%から99%の厚さに設定することによって、制御性良く劈開できるのが分かった。

【0014】このように本発明では、半導体積層基板の最上部又は内部に、光閉じ込め及び電流閉じ込めを主たる機能としないAlを含む層からなり、劈開すべき方向に切れ目を有する劈開補助領域を形成することによって、積層基板を制御性良く劈開することができる。この劈開で得られた端面の反射率は十分に高いものであり、共振器の反射鏡として十分に機能するものとなった。従って本発明によれば、従来より制御性良く、かつ端面状態の良好な素子分離を行うことが可能となる。この効果は、半導体のような劈開の性質を持たないサファイア等

を下地基板として用いた半導体積層基板に対して特に有効である。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の詳細を図示の実施形態によって説明する。

(第1の実施形態) 図1は、本発明の第1の実施形態に係わる窒化ガリウム系化合物半導体レーザを説明するための図である。

【0016】各層の成長はMOCVD法により行った。まず、図1(a)に示すように、c面サファイア基板101を用意し、熱リン酸を用いて表面の不純物を取り去る。その後、リアクター内に移し1200度まで昇温する。その後、基板温度を550度に下げ、Ga_{0.5}Nバッファ層102を成長させる。3分成長させた後、再び基板温度を上昇させ、1100度でSiH₄ガスを流しながら、n型Ga_{0.5}Nコンタクト層103を2μm成長させる。

【0017】次いで、n型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nクラッド層104を0.5μm成長させる。ここで、基板温度を800度に下げ、Ga_{0.5}N/In_{0.1}Ga_{0.9}N/Ga_{0.5}NのSQW層(単一量子井戸層)105を成長させる。このとき、SiH₄の供給は停止している。その後、基板温度を再び1100度とし、p型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nクラッド層106を0.2μm成長させる。

【0018】次いで、Cp₂Mgを流しながら同じくp型AlGa_{0.5}N層107を0.3μm成長させ、続けてp型Ga_{0.5}N層108を成長させる。さらに、Cp₂Mgの流量を約3倍に上げ、p⁺型Ga_{0.5}Nコンタクト層109を0.1μm成長する。

【0019】ここで、基板を取り出しパターニングを行う。このパターニングの際、結晶膜のa軸方向とマスクパターンとは図1(b)に示す関係となっている。c面のサファイアではa軸であるが、a面サファイアではa軸、m軸等に合わせる。ここで、図中のハッチング部分がマスクの抜きパターンである。さらに、劈開の方向を考慮して切れ目を付ける。この切れ目の角度は重要であり、60度以下であれば劈開方向が安定する。

【0020】パターニング終了後、RIE(反応性イオンビームエッチング)により選択エッチングを行い、AlGa_{0.5}N層107の一部を露出させる。そして、露出したAlGa_{0.5}N層107の上に基板温度1150度で再成長を行い、図1(c)に示すようにAl_{0.25}Ga_{0.75}N層(劈開補助領域)120を成長する。このとき、再成長領域以外は、適当なマスク(SiO₂, SiN等を使用)を付けることにより再成長を防いでいる。このマスクは、前記エッチングのマスクに使用したものであってもよい。

【0021】本実施形態の特徴はこの再成長にある。この際、劈開補助領域120は劈開を容易にすることを目的とした層であり、この劈開補助領域層120の歪み緩

和力を劈開に作用させることが本実施形態の特徴である。劈開補助領域層120は、必ずしも基板全体を覆っている必要はなく、最低限劈開に必要とする部分のみを覆っていればよい。この部分的なAlGaIn劈開補助領域層120の導入が本実施形態の大きな特徴である。

【0022】AlGaIn劈開補助領域層120の成長終了後、マスク材を除去し、n側電極形成のためのパターニングを行う。そして、RIEにより選択エッチングを行い、一部n型GaIn層103を露出させる。この後、コンタクト層109上にp側電極を形成し、コンタクト層103上にn側電極を形成することにより素子の基本構造は完成する。なお、電極は各々の素子毎に分離するようにパターニングする。

【0023】次いで、電極のパターニングに沿って劈開を行う。このとき、前述したAlGaIn劈開補助領域層120の働きによって原子層オーダーの劈開が初めて可能となる。この劈開による端面は反射率が高く、共振器の反射鏡として十分に機能するものであった。得られた素子の1つを図1(d)に示す。半導体積層基板の側部の劈開部分に、光閉じ込め及び電流閉じ込めを主たる機能としないAlを含む劈開補助領域層120が残った状態となっている。

【0024】このように本実施形態によれば、GaIn系化合物半導体の積層基板の最上部に一部切れ目を有するAlGaIn劈開補助領域層120を形成することにより、該層120の切れ目に沿って積層基板を制御性良く劈開することができる。このため、サファイアを下地基板として用いた半導体発光素子においても劈開を利用した良好な素子分離を行うことができ、98%以上の高い製造歩留りを実現することができた。また、ここで得られたレーザダイオードは、発振しきい値が40mAで室温連続発振することが確認され、寿命は10000時間以上であった。

【0025】(第2の実施形態)図2は、本発明の第2の実施形態に係わる窒化ガリウム系化合物半導体レーザを説明するための図である。

【0026】本実施形態でも、成長はMOCVD法により行った。まず、図2(a)に示すように、c面サファイア基板201を用意し、熱燐酸を用いて表面の不純物を取り去る。その後、リアクター内に移し1200度まで昇温する。その後、基板温度を550度に下げ、GaIn層202を成長させる。3分成長させた後、再び基板温度を上昇させ、1100度でSiH₄ガスを流しながら、n型GaInコンタクト層203を2μm成長させる。

【0027】次いで、n型Al_{0.2}Ga_{0.8}N層204を0.5μm成長させる。ここで、基板温度を800度に下げ、GaIn/In_{0.1}Ga_{0.9}N/GaInのSQW層205を成長させる。このとき、SiH₄の供給は止める。基板温度を再び1100度とし、p型Al_{0.2}G

a_{0.8}N層206を0.2μm成長させる。

【0028】次いで、Cp₂Mgを流しながら同じくp型AlGaIn層207を0.3μm成長させ、続けてp型GaIn層208を成長する。ここで、基板を取り出し、パターニングを行う。このパターニングの際、結晶膜のa軸方向とマスクパターンとは図2(b)に示す関係となっている。なお、図中のハッチング部分がマスクの抜きパターンである。さらに、劈開の方向を考慮し、切れ目を付ける。この角度は重要であり、60度以下であれば劈開方向が安定する。なお、図2(b)のマスクでは後述する劈開補助領域層をほぼ全面に形成するのであるが、図2(c)に示すようなマスクパターンを設けることにより、劈開補助領域層を必要な部分のみに形成することも可能である。

【0029】パターニング終了後、再成長を行う。このとき、再成長領域以外は適当なマスク(SiO₂, SiN等を使用)を付けることにより再成長を防いでいる。まず、基板温度を850度としInGaIn層209を成長する。さらに、基板温度を1150度とし、p⁺型Al_{0.25}Ga_{0.75}N層(劈開補助領域層)210を成長する。このとき、Cp₂Mgも同時に流す。さらに、p型GaIn層211を成長させ、Cp₂Mgの流量を上げ、p⁺型GaIn層212を0.1μm成長する。このときのInGaIn, AlGaIn層の再成長が本実施形態の特徴である。このInGaInとAlGaInの膜厚を調節することにより、劈開が可能となる基板厚を変えることができ、この点も本実施形態の特徴である。

【0030】成長終了後にマスク材を除去し、n側電極形成のためのパターニングを行う。そして、RIEにより選択エッチングを行い、一部n型GaInコンタクト層203を露出させる。この後、p側及びn側の電極を構成することにより素子の基本構成は完成する。なお、電極は各々の素子毎に分離するようにパターニングする。

【0031】次いで、電極のパターニングに沿って劈開を行う。このとき、前述した再成長層210の働きにより原子層オーダーの劈開が初めて可能となる。得られた素子の構造を電極部を除いて図2(e)に示す。GaIn系半導体積層基板の最上部のほぼ全面に劈開補助領域層が残った状態となっている。

【0032】このように本実施形態によっても、AlGaIn劈開補助領域層210を形成することにより、半導体積層基板を劈開で分離することができ、先の第1の実施形態と同様の効果が得られた。

【0033】(第3の実施形態)図3は、本発明の第3の実施形態に係わるGaIn系化合物半導体レーザの製造方法を示す断面図である。

【0034】成長はMBE(分子線エピタキシャル)法により行った。まず、図3(a)に示すように、c面サファイア基板301を用意し、熱燐酸を用いて表面の不

10

20

30

40

50

純物を取り去る。その後、成長チャンバ内に移し800度まで昇温する。このとき、RHEED（高エネルギー電子線反射像）により基板表面が清浄であることを確認する。

【0035】次いで、基板温度を550度に下げ、Ga Nバッファ層302を成長させる。3分成長させた後、再び基板温度を上昇させ、750度でSiセルのシャッタをオープンさせ、同時にGaセルとECRプラズマセルのシャッタを開ける。これにより、n型Ga Nコンタクト層303を2 μ m成長させる。さらに、n型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nクラッド層304を0.5 μ m成長させる。ここで、基板温度を700度に下げ、Ga N/In_{0.1}Ga_{0.9}N/Ga NのSQW層305を成長させる。このとき、Siの供給は止める。基板温度を再び800度とし、p型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nクラッド層306を0.2 μ m成長させる。

【0036】次いで、Mgセルのシャッタを開けながら同じくp型AlGa N層307を0.3 μ m成長させ、続けてp型Ga N層308を成長させる。さらに、Mgの流量を上げ、p⁺型Ga Nコンタクト層309を0.1 μ m成長する。

【0037】ここで、基板を取り出し、パターニングを行う。即ち、図3（b）に示すように、劈開の方向（破線で示す）を考慮し、劈開補助領域の切れ目となる部分にSiO₂やSiN等のマスク320を形成する。

【0038】次いで、再成長を行う。このとき、再成長領域以外はマスク320により再成長を防いでいる。基板温度を800度にし、Al_{0.25}Ga_{0.75}N層310を成長する。ここで、素子最上部にAlGa N等のAlを含んだ層310が存在することは本実施形態の一つの特徴である。既存の素子構造に対し、最上層にAlGa N層310を、その膜厚を基板厚に対し最適化することにより、その後の劈開を容易にすることができる。

【0039】なお、劈開補助領域層は必ずしも半導体積層基板上の全面に形成する必要はなく、図4に示すように、必要な部分のみに選択的に形成しても良い。AlGa N層310の成長終了後にマスク材を除去し、n側電極形成のためのパターニングを行う。そして、RIEにより選択エッチングを行い、一部n型Ga Nコンタクト層303を露出させる。この後、p側及びn側の電極を構成することにより素子の基本構成は完成する。なお、電極は各々の素子毎に分離するようにパターニングする。

【0040】次いで、電極のパターニングに沿って劈開を行う。このとき、前述した再成長層310の働きにより原子層オーダーの劈開が初めて可能となる。得られた素子の構造を電極部を除いて図5に示す。

【0041】本実施形態のレーザダイオードは、素子の最上面の一部にAlGa N層を有する構造を持っており、基板裏からのダイシング後、シールに基板を貼るこ

とにより容易に劈開可能である。製造歩留まりは98パーセント以上であり、発振しきい値は40mAであり、室温連続発振をしているのが確認された。

【0042】なお、本発明は上述した各実施形態に限定されるものではない。実施形態ではGa N系化合物半導体レーザを例にとり説明したが、これに限らず他の化合物半導体レーザに適用することができる。さらに、半導体レーザに限らず、発光ダイオードに適用することも可能である。また、下地基板はサファイアに限るものではなく、化合物半導体層を成長できるものであればよい。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

【0043】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、半導体積層基板の最上部又は内部に、光閉じ込め及び電流閉じ込めを主たる機能としないAlを含む層からなり、劈開すべき方向に切れ目を有する劈開補助領域を形成することによって、積層基板を制御性良く劈開することができる。従って本発明によれば、従来より制御性良く、かつ端面状態の良好な素子分離を行うことが可能となり、劈開の性質を持たないサファイア等を下地基板として用いた半導体レーザの製造に対して大きな効果を発揮する。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態に係わる化合物半導体レーザを説明するための図。

【図2】第2の実施形態に係わる化合物半導体レーザを説明するための図。

【図3】第3の実施形態に係わる化合物半導体レーザを説明するための図。

【図4】第3の実施形態の変形例を示す斜視図。

【図5】第3の実施形態に係わる化合物半導体レーザの最終構造を示す斜視図。

【符号の説明】

101…サファイア基板

102…Ga N層

103…n型Ga N層

104…n型AlGa N層

105…Ga N/InGa N/Ga NのSQW層

106…AlGa N層

107…p型AlGa N層

108…p型Ga N層

109…p⁺型Ga N層

201…サファイア基板

202…Ga N層

203…n型Ga N層

204…n型AlGa N層

205…Ga N/InGa N/Ga NのSQW層

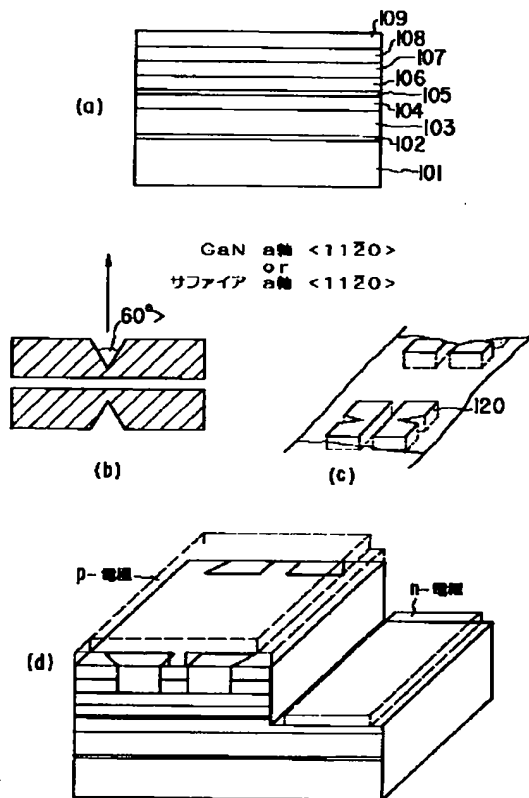
206…AlGa N層

207…p型AlGa N層

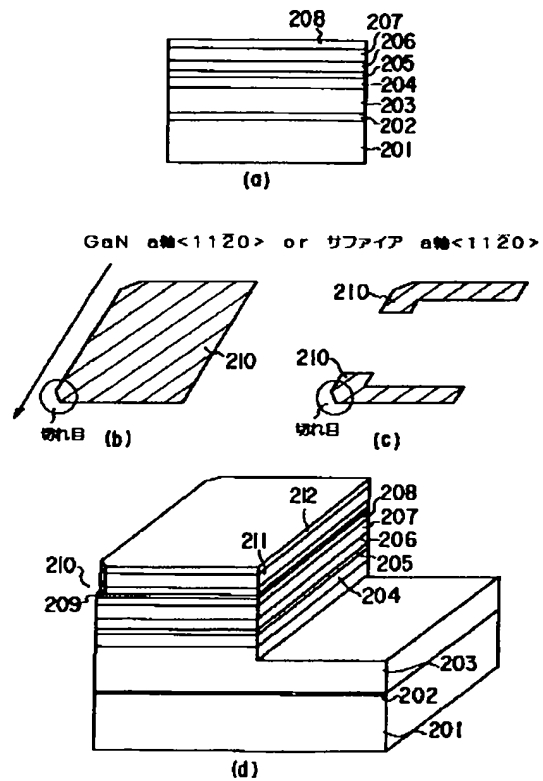
208...p型GaN層
 209...InGaN層
 210...p⁺型AlGaIn層
 211...p型GaN層
 212...p⁺型GaN層
 301...サファイア基板
 302...GaN層
 303...n型GaN層

304...n型AlGaIn層
 305...GaN/InGaIn/GaNのSQW層
 306...AlGaIn層
 307...p型AlGaIn層
 308...p型GaN層
 309...p⁺型GaN層
 310...AlGaIn層

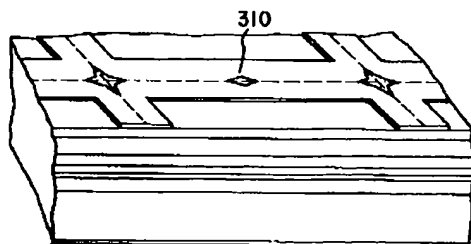
【図1】



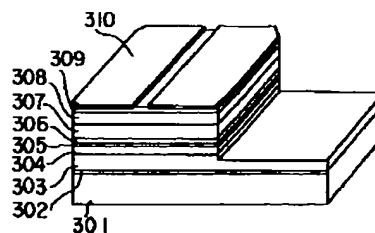
【図2】



【図4】



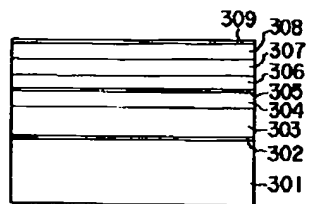
【図5】



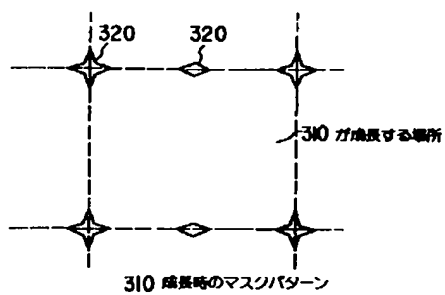
(7)

特開平10-242570

【図3】



(a)



(b)

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] Especially this invention is [0002] about the nitride system compound semiconductor element which aimed at improvement of the cleavage technique with respect to the semiconductor light emitting device, and its manufacture method.

[Description of the Prior Art] In recent years, the compound semiconductor light emitting device containing a nitride attracts attention as the light source of short wavelength. Luminescence in the short wavelength field containing blue is possible for the nitride system compound containing GaN, and it is promising as a short wavelength luminescent material.

[0003] It is hard to process this kind of material, especially the compound semiconductor layer which uses GaN as a main component conversely [it is very stable and] therefore. Moreover, the compound semiconductor of this system cannot usually use properties, such as a cleavage, like GaAs and a GaP substrate, using sapphire in many cases as a substrate. For this reason, chip-izing etc. is very difficult and it is difficult to create resonators, such as a laser diode which used the cleavage like before.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Thus, conventionally, in the nitride system compound semiconductor light emitting device containing GaN, the isolation by the cleavage is difficult, and the end face of the compound semiconductor obtained by impossible-doing a substrate and breaking it had the problem that it did not function enough as a reflecting mirror.

[0005] Accomplishing this invention in consideration of the above-mentioned situation, the place made into the purpose is to offer the nitride system compound semiconductor light emitting device which made isolation by the cleavage a controllability is good and possible, and its manufacture method.

[0006]

[Means for Solving the Problem]

(Composition) The main point of this invention is by introducing the original layer structure containing aluminum by making isolation into a key objective at the semiconductor laminated circuit board for constituting nitride system compound semiconductor element to make isolation by the cleavage possible.

[0007] That is, this invention is characterized by forming the cleavage auxiliary field which contains in the cleavage portion of the flank of the aforementioned laminated circuit board aluminum which does not consider optical confinement and eye current ***** as a main function in the compound semiconductor light emitting device which has the semiconductor laminated circuit board which carried out the laminating of the nitride system compound semiconductor.

[0008] Moreover, this invention is set to the manufacture method of the compound semiconductor light emitting device which has the semiconductor laminated circuit board which carried out the laminating of the nitride system compound semiconductor. The process which becomes the best side or the interior of the aforementioned laminated circuit board from the layer containing aluminum which does not consider optical confinement and eye current ***** as a main function, and forms the cleavage auxiliary field

which has a break in the direction which should be carried out a cleavage, By breaking the aforementioned cleavage auxiliary field along with the aforementioned break, it is characterized by including the process which carries out the cleavage of the aforementioned laminated circuit board.

[0009] Here, the following are raised as a desirable embodiment of this invention.

(1) The layer containing aluminum which constitutes a cleavage auxiliary field should be $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z$ NpAsqPr ($x+y+z=1$, $0<y$, $p+q+r=1$).

(2) The layer containing aluminum which constitutes a cleavage auxiliary field should be formed in the topmost part of a laminated circuit board.

(3) The layer containing aluminum which constitutes a cleavage auxiliary field is in the middle of formation of a laminated circuit board, and be formed in the interior of this substrate.

(4) Form the layer containing aluminum which constitutes a cleavage auxiliary field in 60 to 99% of thickness of the critical thickness by which a crack goes into the layer.

(5) Prepare the portion from which it sees [portion] in the layer containing aluminum which constitutes a cleavage auxiliary field from an electrode side, and width of face changes to it to the boundary line of isolation.

(6) A laminated circuit board is that the laminated structure of a compound semiconductor is formed on silicon on sapphire.

(7) The break formed in a cleavage auxiliary field should be 60 or less degrees.

[0010] (Operation) GaN grown epitaxially on silicon on sapphire is usually in a crack free-lancer's (state where a crack does not exist) state, in the practical thickness field (for example, thickly an estimate, with 15 microns) in an organic-metal vapor-growth (MOCVD) method. On the other hand, the thickness the layer containing aluminum, for example, AlGaIn, can grow up to be by the crack free-lancer as composition of aluminum becomes large decreases.

[0011] Although it can be checking that the thickness which can grow by the crack free-lancer changes also with growth conditions, there is no change in the critical thickness existing in the practical thickness field of the MOCVD method. And if a film is grown up more than this thickness, a crack will arise and a gash will go into a film. If a gash goes into a film, a substrate may be reached and an obstacle will be greatly brought to the function of an element. It is thought that this gash is produced when aluminum composition enters and it compares with GaN, and physical parameters, such as a lattice constant, differ greatly.

[0012] This invention persons considered performing a cleavage by using positively the gash which is generated in the layer containing aluminum and which originally is not desirable. However, the direction of the gash by the crack is irregular, and a direction to carry out a cleavage cannot be chosen. Then, the break was intentionally prepared along the direction to carry out a cleavage at the time of membrane formation of the layer containing not a gash but aluminum by the crack. And it found out that a cleavage could be carried out in the direction which aimed at the semiconductor laminated structure by controlling the value and thickness of a semiconductor laminated structure and aluminum composition the optimal.

[0013] Here, the layer containing aluminum for the cleavage introduced into a semiconductor laminated circuit board, i.e., a cleavage auxiliary field, was a layer of the non-clad function which does not consider optical confinement and eye current ***** as a main function, and even if were formed in the topmost part of a laminated circuit board and having been formed in the interior, the same cleavage effect was acquired. Although the thickness of a cleavage auxiliary field needs to be less than critical thickness by which a crack goes into a laminated circuit board, the cleavage effect mentioned above when not much thin is not acquired. According to the experiment of this invention persons, by setting the thickness of a cleavage auxiliary field as 60 to 99% of thickness of critical thickness showed that a controllability could improve a cleavage.

[0014] Thus, in this invention, a controllability can improve a laminated circuit board a cleavage by becoming the topmost part or the interior of a semiconductor laminated circuit board from the layer containing aluminum which does not consider optical confinement and eye current ***** as a main function, and forming the cleavage auxiliary field which has a break in the direction which should be

carried out a cleavage. The reflection factor of the end face obtained by this cleavage was high enough, and became what fully functions as a reflecting mirror of a resonator. Therefore, according to this invention, it becomes possible from the former to perform good isolation of an end-face state with a sufficient controllability. This effect is [as opposed to / the semiconductor laminated circuit board using sapphire without the property of a cleavage like a semiconductor etc. as a ground substrate / especially] effective.

[0015]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the operation gestalt of illustration of the detail of this invention explains.

(1st operation gestalt) Drawing 1 is drawing for explaining the gallium-nitride system compound semiconductor laser concerning the 1st operation gestalt of this invention.

[0016] Growth of each class was performed by the MOCVD method. First, as shown in drawing 1 (a), c-th page silicon on sapphire 101 is prepared, and a surface impurity is removed using heat phosphoric acid. Then, it moves in a reactor and a temperature up is carried out to 1200 degrees. Then, substrate temperature is lowered to 550 degrees and the GaN buffer layer 102 is grown up. After making it grow up for 3 minutes, substrate temperature is raised again, and it is SiH₄ at 1100 degrees. 2 micrometers of n type GaN contact layers 103 are grown up passing gas.

[0017] Subsequently, 0.5 micrometers of n type aluminum0.2 Ga0.8 N clad layers 104 are grown up. Here, substrate temperature is lowered to 800 degrees and the SQW layer (single quantum well layer) 105 of GaN/In0.1 Ga0.9 N/GaN is grown up. At this time, it is SiH₄. Supply has stopped. Then, substrate temperature is again made into 1100 degrees, and 0.2 micrometers of p type aluminum0.2 Ga0.8 N clad layers 106 are grown up.

[0018] Subsequently, similarly 0.3 micrometers of p type AlGa_N layers 107 are grown up, pouring Cp₂ Mg, and the p type GaN layer 108 is grown up continuously. Furthermore, the flow rate of Cp₂ Mg is raised about 3 times, and it is p+. 0.1 micrometers grows the type GaN contact layer 109.

[0019] Here, a substrate is taken out and patterning is performed. a shaft orientations and the mask pattern of a crystal film serve as a relation shown in drawing 1 (b) in the case of this patterning. Although it is an a-axis with the sapphire of the c-th page, it doubles with an a-axis, m shaft, etc. with a-th page sapphire. Here, a mask extracts and the hatching portion in drawing is a pattern. Furthermore, a break is attached in consideration of the direction of a cleavage. The angle of this break is important, and if it is 60 or less degrees, the direction of a cleavage will be stabilized by it.

[0020] RIBE (reactant ion beam etching) performs selective etching after a patterning end, and a part of AlGa_N layer 107 is exposed. And regrowth is performed at 1150 substrate temperature on the exposed AlGa_N layer 107, and as shown in drawing 1 (c), aluminum0.25Ga0.75N layer (cleavage auxiliary field) 120 are grown up. At this time, regrowth is prevented by attaching a suitable mask (SiO₂, SiN, etc. being used) except the regrowth field. You may use this mask for the mask of the aforementioned etching.

[0021] The feature of this operation form is in this regrowth. Under the present circumstances, the cleavage auxiliary field 120 is a layer aiming at making a cleavage easy, and it is the feature of this operation form to make the distortion relief force of this cleavage auxiliary field layer 120 act on a cleavage. The cleavage auxiliary field layer 120 does not necessarily need to cover the whole substrate, and has covered only the portion needed for a cleavage at worst. Introduction of this partial AlGa_N cleavage auxiliary field layer 120 is the big feature of this operation form.

[0022] Mask material is removed after the growth end of the AlGa_N cleavage auxiliary field layer 120, and patterning for n lateral-electrode formation is performed. And RIBE performs selective etching and the n type GaN layer 103 is exposed in part. Then, the basic structure of an element is completed by forming p lateral electrode on the contact layer 109, and forming n lateral electrode on the contact layer 103. In addition, patterning of the electrode is carried out so that it may dissociate for every element.

[0023] Subsequently, a cleavage is performed along with patterning of an electrode. At this time, the cleavage of atomic-layer order becomes possible for the first time by work of the AlGa_N cleavage auxiliary field layer 120 mentioned above. The end face by this cleavage had the high reflection factor,

and was what fully functions as a reflecting mirror of a resonator. One of the obtained elements is shown in drawing 1 (d). It is in the state where the cleavage auxiliary field layer 120 which contains in the cleavage portion of the flank of a semiconductor laminated circuit board aluminum which does not consider optical confinement and eye current ***** as a main function remained.

[0024] Thus, according to this operation form, along with the break of this layer 120, a controllability can improve a laminated circuit board a cleavage by forming in the topmost part of the laminated circuit board of a GaN system compound semiconductor the AlGaIn cleavage auxiliary field layer 120 which has a break in part. For this reason, good isolation which used the cleavage also in the semiconductor light emitting device using sapphire as a ground substrate could be performed, and 98% or more of high manufacture yield was able to be realized. Moreover, it was checked that an oscillation threshold carries out room temperature continuous oscillation of the laser diode obtained here by 40mA, and the life was 10000 hours or more.

[0025] (2nd operation form) Drawing 2 is drawing for explaining the gallium-nitride system compound semiconductor laser concerning the 2nd operation form of this invention.

[0026] Also with this operation form, growth was performed by the MOCVD method. First, as shown in drawing 2 (a), c-th page silicon on sapphire 201 is prepared, and a surface impurity is removed using heat phosphoric acid. Then, it moves in a reactor and a temperature up is carried out to 1200 degrees. Then, substrate temperature is lowered to 550 degrees and the GaN layer 202 is grown up. After making it grow up for 3 minutes, substrate temperature is raised again, and it is SiH₄ at 1100 degrees. 2 micrometers of n type GaN contact layers 203 are grown up passing gas.

[0027] Subsequently, n mold aluminum0.2 Ga0.8 N layer 204 [0.5-micrometer] is grown up. Here, substrate temperature is lowered to 800 degrees and the SQW layer 205 of GaN/In0.1 Ga0.9 N/GaN is grown up. At this time, it is SiH₄. Supply is stopped. Substrate temperature is again made into 1100 degrees, and p mold aluminum0.2 Ga0.8 N layer 206 [0.2-micrometer] is grown up.

[0028] Subsequently, similarly 0.3 micrometers of p type AlGaIn layers 207 are grown up, pouring Cp2 Mg, and the p type GaN layer 208 is grown up continuously. Here, a substrate is taken out and patterning is performed. a shaft orientations and the mask pattern of a crystal film serve as a relation shown in drawing 2 (b) in the case of this patterning. In addition, a mask extracts and the hatching portion in drawing is a pattern. Furthermore, a break is attached in consideration of the direction of a cleavage. This angle is important, and if it is 60 or less degrees, the direction of a cleavage will be stabilized by it. In addition, although the cleavage auxiliary field layer mentioned later is mostly formed in the whole surface with the mask of drawing 2 (b), it is also possible by preparing a mask pattern as shown in drawing 2 (c) to form a cleavage auxiliary field layer only in a required portion.

[0029] Regrowth is performed after a patterning end. At this time, regrowth is prevented by attaching a suitable mask (SiO₂, SiN, etc. being used) except the regrowth field. First, substrate temperature is made into 850 degrees and the InGaIn layer 209 is grown up. Furthermore, substrate temperature is made into 1150 degrees and it is p+. Mold aluminum0.25Ga0.75N layer (cleavage auxiliary field layer) 210 are grown up. At this time, Cp2 Mg is also poured simultaneously. Furthermore, the p type GaN layer 211 is grown up, the flow rate of Cp2 Mg is raised, and it is p+. 0.1 micrometers grows the type GaN layer 212. InGaIn at this time and the regrowth of an AlGaIn layer are the features of this operation form. By adjusting the thickness of this InGaIn and AlGaIn, the basis board thickness whose cleavage becomes possible can be changed, and this point is also the feature of this operation form.

[0030] Mask material is removed after a growth end and patterning for n lateral-electrode formation is performed. And RIBE performs selective etching and the n type GaN contact layer 203 is exposed in part. Then, the basic composition of an element is completed by constituting the electrode by the side of p and n. In addition, patterning of the electrode is carried out so that it may dissociate for every element.

[0031] Subsequently, a cleavage is performed along with patterning of an electrode. At this time, the cleavage of atomic-layer order becomes possible for the first time by work of the regrowth layer 210 mentioned above. The structure of the obtained element is shown in drawing 2 (e) except for the electrode section. It is in the state of the topmost part of a GaN system semiconductor laminated circuit board where the cleavage auxiliary field layer remained in the whole surface mostly.

[0032] Thus, also according to this operation form, by forming the AlGa_N cleavage auxiliary field layer 210, the semiconductor laminated circuit board could be separated by the cleavage, and the same effect as the 1st previous operation form was acquired.

[0033] (Form of the 3rd operation) Drawing 3 is the cross section showing the manufacture method of the GaN system compound semiconductor laser concerning the 3rd operation form of this invention.

[0034] Growth was performed by the MBE (molecular-beam epitaxial) method. First, as shown in drawing 3 (a), c-th page silicon on sapphire 301 is prepared, and a surface impurity is removed using heat phosphoric acid. Then, it moves in a growth chamber and a temperature up is carried out to 800 degrees. At this time, it checks that a substrate front face is pure by RHEED (high-energy electron ray reflected image).

[0035] Subsequently, substrate temperature is lowered to 550 degrees and the GaN buffer layer 302 is grown up. After making it grow up for 3 minutes, raise substrate temperature again, the shutter of Si cell is made to open at 750 degrees, and the shutter of Ga cell and an efficient consumer response plasma cell is opened simultaneously. Thereby, 2 micrometers of n type GaN contact layers 303 are grown up. Furthermore, 0.5 micrometers of n type aluminum0.2 Ga0.8 N clad layers 304 are grown up. Here, substrate temperature is lowered to 700 degrees and the SQW layer 305 of GaN/In0.1 Ga0.9 N/GaN is grown up. Supply of Si is stopped at this time. Substrate temperature is again made into 800 degrees, and 0.2 micrometers of p type aluminum0.2 Ga0.8 N clad layers 306 are grown up.

[0036] Subsequently, similarly 0.3 micrometers of p type AlGa_N layers 307 are grown up, opening the shutter of Mg cell, and the p type GaN layer 308 is grown up continuously. Furthermore, the flow rate of Mg is raised and it is p+. 0.1 micrometers grows the type GaN contact layer 309.

[0037] Here, a substrate is taken out and patterning is performed. That is, it is SiO₂ to the portion which serves as a break of a cleavage auxiliary field in consideration of the direction of a cleavage (a dashed line shows) as shown in drawing 3 (b). The masks 320, such as SiN, are formed.

[0038] Subsequently, regrowth is performed. At this time, the mask 320 has protected regrowth except the regrowth field. Substrate temperature is made into 800 degrees and aluminum0.25Ga0.75N layer 310 is grown up. It is one feature of this operation form that the layer 310 containing aluminum, such as AlGa_N, exists in the element topmost part here. A subsequent cleavage can be made easy by optimizing [as opposed to / basis board thickness / for the AlGa_N layer 310] the thickness to the existing element structure as opposed to the best layer.

[0039] In addition, it is not necessary to necessarily form a cleavage auxiliary field layer the whole surface on a semiconductor laminated circuit board, and as shown in drawing 4 , you may form it only in a required portion alternatively. Mask material is removed after the growth end of the AlGa_N layer 310, and patterning for n lateral-electrode formation is performed. It **, RIBE performs selective etching and the n type GaN contact layer 303 is exposed in part. Then, the basic composition of an element is completed by constituting the electrode by the side of p and n. In addition, patterning of the electrode is carried out so that it may dissociate for every element.

[0040] Subsequently, a cleavage is performed along with patterning of an electrode. At this time, the cleavage of atomic-layer order becomes possible for the first time by work of the regrowth layer 310 mentioned above. The structure of the obtained element is shown in drawing 5 except for the electrode section.

[0041] The laser diode of this operation form has the structure of having an AlGa_N layer in a part of best side of an element, and a cleavage is easily possible for it by sticking a substrate on a scal after the dicing from the substrate reverse side. The manufacture yield was 98% or more, an oscillation threshold is 40mA and carrying out room temperature continuous oscillation was checked.

[0042] In addition, this invention is not limited to each operation form mentioned above. Although the operation form explained taking the case of GaN system compound semiconductor laser, it is applicable not only to this but other compound semiconductor laser. Furthermore, it is possible not only semiconductor laser but to apply to light emitting diode. Moreover, a ground substrate is not restricted to sapphire and just grows a compound semiconductor layer. In addition, in the range which does not deviate from the summary of this invention, it can deform variously and can carry out.

[0043]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, a controllability can improve a laminated circuit board a cleavage by becoming the topmost part or the interior of a semiconductor laminated circuit board from the layer containing aluminum which does not consider optical confinement and eye current ***** as a main function, and forming the cleavage auxiliary field which has a break in the direction which should be carried out a cleavage. Therefore, according to this invention, it becomes possible from the former to perform good isolation of an end-face state with a sufficient controllability, and a big effect is demonstrated to manufacture of the semiconductor laser using sapphire without the property of a cleavage etc. as a ground substrate.

[Translation done.]